I Erläuterungen

Voraussetzungen gemäß KCBG und Abiturerlassen BG jeweils in der für den Abiturjahrgang geltenden Fassung

Standardbezug
Die nachfolgend ausgewiesenen Kompetenzbereiche sind für die Bearbeitung der jeweiligen Aufgabe besonders bedeutsam. Darüber hinaus können weitere, hier nicht ausgewiesene Kompetenzbereiche für die Bearbeitung der Aufgabe nachrangig bedeutsam sein, zumal die Kompetenzbereiche in engem Bezug zueinander stehen. Die Operationalisierung des Bezugs zu den Kompetenzbereichen des Standardbezugs erfolgt in Abschnitt II.

Aufgabe	Kompetenzbereiche				
	K1	K2	K3	K4	K5
1.1		X		X	
1.2	X		X		
1.3		X			X
1.4		X			X
1.5		X			X
2.1	X	X			
2.2		X			X
2.3		X		X	
2.4		X		X	
2.5			X	X	
3.1		X	X		
3.2	X		X		
3.3	X		X		

Inhaltlicher Bezug
Die nachfolgend ausgewiesenen Themenfelder sind die wesentliche inhaltliche Grundlage für die vorliegenden Aufgaben. Darüber hinaus können weitere, hier nicht explizit ausgewiesene Themenfelder für die Bearbeitung nachrangig bedeutsam sein.
Q1: Analoge Schaltungen
Q2: Automatisierung von Funktionseinheiten
Q3: Mechanische Baugruppen
verbindliche Themenfelder: Schaltungsdimensionierung mit Dioden und Sensoren (Q1.1), Schaltungsdimensionierung mit bipolaren Schalttransistoren (Q1.2), Operationsverstärkerschaltungen II (Q1.5), Verknüpfungssteuerungen (Q2.1), Einfache Ablaufsteuerungen (Q2.2), Analyse von Getrieben (Q3.1), Zahnradgetriebe (Q3.2)

II Lösungshinweise

In den nachfolgenden Lösungshinweisen sind alle wesentlichen Gesichtspunkte, die bei der Bearbeitung der einzelnen Aufgaben zu berücksichtigen sind, konkret genannt und diejenigen Lösungswege aufgezeigt, welche die Prüflinge erfahrungsgemäß einschlagen werden. Selbstverständlich sind jedoch Lösungswege, die von den vorgegebenen abweichen, aber als gleichwertig betrachtet werden können, ebenso zu akzeptieren.

Aufg.	**erwartete Leistungen**	**BE I**	**BE II**	**BE III**
1.1	berechnen Zähnezahlen der Stirnradstufe: $i_1 = \frac{z_2}{z_1} \rightarrow z_2 = i_1 \cdot z_1 = 3{,}4 \cdot z_1$ $a_1 = \frac{m \cdot (z_1 + z_2)}{2} = \frac{m \cdot (z_1 + 3{,}4 \cdot z_1)}{2} = \frac{m \cdot (4{,}4 \cdot z_1)}{2}$ $\rightarrow z_1 = \frac{a_1 \cdot 2}{4{,}4 \cdot \mathrm{m}} = \frac{110\,\mathrm{mm} \cdot 2}{4{,}4 \cdot 2\,\mathrm{mm}} = 25$ $i_1 = \frac{z_2}{z_1} \quad \rightarrow z_2 = i_1 \cdot z_1 = 3{,}4 \cdot 25 = 85$ Gesamtübersetzung i_{ges}: $i_{ges} = \frac{z_2 \cdot z_4}{z_1 \cdot z_3} = \frac{85 \cdot 52}{25 \cdot 20} = 8{,}84$	2	2	
	bestimmen Drehmoment an der Motorwelle M_{Motor} = Antriebsdrehmoment Getriebe $M_{1\,Getriebe}$ $M_{Motor} = M_{1\,Getriebe} = \frac{P_{Motor}}{2 \cdot \pi \cdot n_{Motor}}$ $M_{Motor} = \frac{1520\,\frac{\mathrm{Nm}}{\mathrm{s}}}{2 \cdot \pi \cdot \frac{1270\,\mathrm{min}^{-1}}{60\,\mathrm{s}^{-1}}} = 11{,}429\,\mathrm{Nm}$ Drehmoment an der Getriebe-Abtriebswelle M_2: $M_2 = M_{Motor} \cdot i_{Ges} \cdot \eta_{Getriebe}$ $M_2 = 11{,}429\,\mathrm{Nm} \cdot 8{,}84 \cdot 0{,}86 = 86{,}887\,\mathrm{Nm}$ $n_2 = \frac{n_1}{i_{ges}} = \frac{1270\,\mathrm{min}^{-1}}{8{,}84} = 143{,}665\,\mathrm{min}^{-1}$ Abgegebene Leistung P_2: $P_2 = M_2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot n_2 = 86{,}887\,\mathrm{Nm} \cdot 2 \cdot \pi \cdot \frac{143{,}665\,\mathrm{min}^{-1}}{60\,\mathrm{s}^{-1}} = 1307{,}177\,\mathrm{W}$	2	3	
	erläutern Besonderheiten eines Kegelradgetriebes mit Stirnradstufe: − Charakteristisches Merkmal sind die winklig zueinanderstehenden An- und Abtriebswellen, deren Achsen einen gemeinsamen Schnittpunkt besitzen. − Übertragungswinkel häufig 90° – andere Winkel sind möglich − Hohe Untersetzungen und Drehmomente möglich (besonders durch die vorgeschaltete Stirnradstufe) − Durch die schrägverzahnte Kegelradstufe laufruhig	2	1	

Aufg.	erwartete Leistungen		BE I	BE II	BE III
1.2	darstellen		1	2	
	zuordnen Antriebswelle (Pos. 11) → Stirnrad (Pos. 10)	Kraftübertragung: formschlüssig			
	Stirnrad (Pos.10) → Passfeder (Pos.25)	Kraftübertragung: formschlüssig			
	Passfeder (Pos. 25) → Kegelritzelwelle (Pos. 2)	Kraftübertragung: formschlüssig			
	Kegelritzelwelle (Pos. 2) → Tellerrad (Pos. 3)	Kraftübertragung: formschlüssig			
	Tellerrad (Pos. 3) → Zylinderschraube DIN 7984 – M6x20 – 8.8 (Pos. 12) bzw. → Zylinderstift ISO 2338 6x28 (Pos. 13)	Kraftübertragung: kraftschlüssig bzw. Kraftübertragung: formschlüssig			
	Zylinderschraube DIN 7984 – M6x20 – 8.8 (Pos. 12) bzw. Zylinderstift ISO 2338 6x28 (Pos. 13) → Abtriebswelle (Pos. 4)	Kraftübertragung: kraftschlüssig bzw. Kraftübertragung: formschlüssig			
	Abtriebswelle (Pos. 4) → Passfeder (Pos. 26)	Kraftübertragung: formschlüssig		3	

<table>
<tr><th rowspan="2">Aufg.</th><th rowspan="2">erwartete Leistungen</th><th colspan="3">BE</th></tr>
<tr><th>I</th><th>II</th><th>III</th></tr>
<tr><td>1.3</td><td>überprüfen
Drehmoment an der Kegelritzelwelle:
$M_{\text{Kegelritzelwelle}} = M_{\text{Motor}} \cdot i_1 \cdot \eta_1 = 11{,}429\,\text{Nm} \cdot 3{,}4 \cdot 0{,}98 = 38{,}081\,\text{Nm}$

Tragende Passfederfläche:
$A = l \cdot (h - t_1) = 30\,\text{mm} \cdot (8\,\text{mm} - 5\,\text{mm}) = 90\,\text{mm}^2$

Kraft an der Passfeder:
$M = F \cdot \frac{d}{2} \rightarrow F = \frac{2 \cdot M_{\text{Kegelritzelwelle}}}{d} = \frac{2 \cdot 38{,}081\,\text{Nm}}{0{,}032\,\text{m}} = 2380{,}06\,\text{N}$
Vorhandene Flächenpressung $p_{\text{vorh.}}$:
$p_{\text{vorh}} = \frac{F}{A} = \frac{2380{,}06\,\text{N}}{90\,\text{mm}^2} = 26{,}445\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

$P_{\text{vorh}} < p_{\text{zul}}$, d.h. die zulässige Flächenpressung wird nicht überschritten.
Die Passfeder entspricht den Anforderungen.</td><td></td><td>2</td><td>5</td></tr>
<tr><td>1.4</td><td>analysieren, erläutern
Die Antriebswelle (Pos. 11) wird einseitig mittels Rillenkugellager (Pos. 17) gelagert. Das eingesetzte Rillenkugellager kann sehr gut radiale Belastungen aufnehmen. Für axiale Belastungen sind Rillenkugellager „normal“ belastbar. Hohe axiale Belastungen sind im vorliegenden Fall nicht zu erwarten. Das Rillenkugellager besitzt „Deckscheiben auf beiden Seiten“ und ist lebensdauergeschmiert.
Die Kegelritzelwelle (Pos. 2) ist mit einer Fest- und Loslageranordnung versehen. Dabei ist das Rillenkugellager (Pos. 16) als Festlager ausgelegt. Festlager sind immer axial fixiert und können neben den Radialkräften auch Axialkräfte aufnehmen. Weiterhin werden die Wellen axial geführt.
Das Nadellager (Pos. 18) ist als Loslager ausgelegt. Im vorliegenden Fall besitzt es keinen Innenring und läuft somit direkt auf der Ritzelwellenoberfläche. Loslager nehmen nur Radialkräfte auf, sie ermöglichen bei Wärmedehnung der Wellen einen „Längenausgleich“, so dass sich die Lagerungen nicht verspannen können.
Die Abtriebswelle (Pos. 4) ist mit einer angestellten Lagerung versehen. Die beiden Schrägkugellager (Pos. 19) sind in X-Anordnung montiert, d.h. bei Erwärmung der Abtriebswelle verspannt sich die Lagerung. Die Schrägkugellager nehmen radiale Kräfte und axiale Kräfte in beiden Richtungen auf.
Vorteil der X-Anordnung ist, die auftretenden Kräfte möglichst dicht an einem auf der Welle aufgesetzten Bauteil abzustützen (Bsp. bei Kegelrädern).

analysieren
erläutern</td><td>
2</td><td>1
2</td><td>4
</td></tr>
</table>

Aufg.	**erwartete Leistungen**	**BE**		
		I	**II**	**III**
1.5	erläutern Die Zylinderschrauben (Pos. 12) dienen zur Befestigung des Tellerrads auf der Antriebswelle. Zylinderschrauben dürfen nur auf Zug (axial) beansprucht werden. Da bei schrägverzahnten Zahnrädern neben Radial- auch Axialkräfte auftreten, werden im vorliegenden Fall die Axialkräfte vor allem von den Zylinderschrauben, die Radialkräfte von den Zylinderstiften (Pos. 13) aufgenommen. Weiterhin werden die Zylinderstifte auf Abscherung beansprucht. Zusätzlich dienen die Zylinderstifte auch zur Positionierung des Tellerrads auf der Abtriebswelle.	2	2	
	bestimmen Zylinderschraube (Pos. 12): M6x20 – 10.9 Streckgrenze: $R_e = 10 \cdot 9 \cdot 10 \frac{N}{mm^2} = 900 \frac{N}{mm^2}$ Zugfestigkeit: $R_m = 10 \cdot 100 \frac{N}{mm^2} = 1000 \frac{N}{mm^2}$		2	
	Summe 40	**11**	**20**	**9**

Nicht für den Prüfling bestimmt

<table>
<tr><th rowspan="2">Aufg.</th><th rowspan="2">erwartete Leistungen</th><th colspan="3">BE</th></tr>
<tr><th>I</th><th>II</th><th>III</th></tr>
<tr><td>2.1</td><td>bestimmen
Nach Datenblatt ist $R_{26} = 4786\Omega$ und $R_{30} = 4028{,}5\Omega$.
Die Widerstandsänderung ist damit
$\Delta R = R_{26} - R_{30} = 4786\Omega - 4028{,}5\Omega = 757{,}5\Omega$. Bei 26°C fließt ein Strom von
$I_{26} = \frac{24\,\text{V}}{5\,\text{k}\Omega + 4786\Omega} = 2{,}45\,\text{mA}$.
Bei 30°C fließt ein Strom von $I_{30} = \frac{24\,\text{V}}{5\,\text{k}\Omega + 4028{,}5\Omega} = 2{,}66\,\text{mA}$.
Damit liegen folgende Spannungen am positiven Eingang des Differenzverstärkers: $U_{26} = 5\,\text{k}\Omega \cdot 2{,}45\,\text{mA} = 12{,}25\,\text{V}$ und
$U_{30} = 5\,\text{k}\Omega \cdot 2{,}66\,\text{mA} = 13{,}29\,\text{V}$.
Die Spannungsänderung ist somit $\Delta U = 13{,}29\,\text{V} - 12{,}25\,\text{V} = 1{,}04\,\text{V}$.</td><td>6</td><td>2</td><td></td></tr>
<tr><td>2.2</td><td>überprüfen
Nach Datenblatt beträgt die maximale Leistung des Sensors $P_{25} = 60\,\text{mW}$.
Bei 25 °C hat der Sensor einen Widerstand von $5\,\text{k}\Omega$. Damit ist die Spannung am Sensor $\frac{1}{2} \cdot U_\text{b} = \frac{1}{2} \cdot 24\,\text{V} = 12\,\text{V}$ und es fließt ein Strom von
$I_{25} = \frac{12\,\text{V}}{5000\Omega} = 2{,}4\,\text{mA}$.
Somit liegt die Leistung bei $P_{25} = 12\,\text{V} \cdot 2{,}4\,\text{mA} = 28{,}8\,\text{mW}$.
Die Leistung wird nicht überschritten.</td><td></td><td>1</td><td>4</td></tr>
<tr><td>2.3</td><td>berechnen
Bei 10V am invertierenden Eingang des OP beträgt der Strom $I_{10} = \frac{10\,\text{V}}{5\,\text{k}\Omega} = 2\,\text{mA}$.
Der Gesamtwiderstand ist damit $R_1 + R_2 = \frac{24\,\text{V} - 10\,\text{V}}{2\,\text{mA}} = 7\,\text{k}\Omega$.
Bei 14V am invertierenden Eingang des OP beträgt der Strom
$I_{14} = \frac{14\,\text{V}}{5\,\text{k}\Omega} = 2{,}8\,\text{mA}$.
In der Position des Potentiometers $R_1 = 0\Omega$ ist $R_2 = \frac{24\,\text{V} - 14\,\text{V}}{2{,}8\,\text{mA}} = 3571\Omega$ und
$R_1 = 7\,\text{k}\Omega - 3571\Omega = 3429\Omega$.</td><td>2</td><td>3</td><td></td></tr>
</table>

Nicht für den Prüfling bestimmt

Aufg.	erwartete Leistungen	BE I	BE II	BE III
2.4	berechnen Aus 2.1 ist $U_{26} = 12{,}25\,\text{V}$ und $U_{30} = 13{,}29\,\text{V}$. Damit sind die Differenzspannungen $U_{D26} = 14\,\text{V} - 12{,}25\,\text{V} = 1{,}75\,\text{V}$ und $U_{D30} = 14\,\text{V} - 13{,}29\,\text{V} = 0{,}71\,\text{V}$. Mit der vorgegebenen Beschaltung des OP1 ist die Spannungsverstärkung $V_u = \frac{R_K}{R_{e1}} = \frac{R_Q}{R_{e2}} = \frac{8\,200\,\text{k}\Omega}{910\,\text{k}\Omega} = 9$. Der Ausgangspannungsbereich an OP1 ist somit $\Delta U_{OP1} = 1{,}75\,\text{V} \cdot 9 - 0{,}71\,\text{V} \cdot 9 = 15{,}75\,\text{V} - 6{,}39\,\text{V} = 9{,}36\,\text{V}$.	1	3	
2.5	entwickeln Schaltung mit Transistor, Relais, Freilaufdiode und grüner LED. Da die Ausgangsspannung des „idealen“ OP2 zwischen 0V und 24V variiert, kann der Transistor über einen Basisvorwiderstand angesteuert werden.		2	6
	Summe 30	**9**	**11**	**10**

Nicht für den Prüfling bestimmt

Aufg.	erwartete Leistungen	BE I	BE II	BE III
3.1	erfassen	4		

...	Symbol	Operand	Typ	Symb.-Kommentar
1	M1_l	A 0.0	BOOL	Motor langsam
2	M1_m	A 0.1	BOOL	Motor mittel
3	M1_s	A 0.2	BOOL	Motor schnell
4	M2	A 0.3	BOOL	Verriegelung
5	P1	A 0.4	BOOL	Anzeige Programm 1
6	P2	A 0.5	BOOL	Anzeige Programm 2
7	P3	A 0.6	BOOL	Hupe Programmende
8	E1	A 0.7	BOOL	Heizung
9	S0	E 0.0	BOOL	Hauptschalter Anlage Ein / Aus
10	S1	E 0.1	BOOL	Auswahl Programm 1
11	S2	E 0.2	BOOL	Auswahl Programm 2
12	S3	E 0.3	BOOL	Starttaster Programm
13	B5	E 0.4	BOOL	Temperatursensor
14	B3	E 0.5	BOOL	Gewichtssensor / NC
15	B4	E 0.6	BOOL	Teigschüssel in Position
16	B2	E 0.7	BOOL	M2 Endlage

Aufg.	**erwartete Leistungen**	**BE**		
		I	**II**	**III**
3.2	entwickeln, zeichnen Ablauf: "Richtimpuls" >=1 "SM_8" "B4" & "SM_1" S "SM_2" R Q ... "S0" "B4" "SM_1" & M30.0 P "SM_2" S "SM_3" R Q ... "SM_2" "S1" "S2" "B2" & "SM_3" S "SM_4" R Q ... "SM_3" "B3" "B4" "S3" & "SM_4" S "SM_5" R Q ...			

Aufg.	erwartete Leistungen	BE I	BE II	BE III
	T1: "SM_4" — S (SE); S5T#5M — TW; DUAL — ...; DEZ — ...; ... — R; ... Q — "SM_5" S; "SM_6" — R Q — ...			
	"SM_5", "B5" — & — "SM_6" S; "SM_7" — R Q — ...			
	T2: "SM_6" — S (SE); S5T#5M — TW; DUAL — ...; DEZ — ...; ... — R; ... Q — "SM_7" S; "SM_8" — R Q — ...			
	T3: "SM_7" — S (SE); S5T#5M — TW; DUAL — ...; DEZ — ...; ... — R; ... Q — "SM_8" S; "B4" —o R Q — ...			

<table>
<tr><th rowspan="2">Aufg.</th><th rowspan="2">erwartete Leistungen</th><th colspan="3">BE</th></tr>
<tr><th>I</th><th>II</th><th>III</th></tr>
<tr><td></td><td>"M2": "SM_2" – S, "SM_8" – R, Q – ...
"P1": "SM_3" – S, "SM_8" – R, Q – ...
"SM_4", "SM_6" – >=1 – "M1_1" =
"SM_7" – "M1_s" =
"SM_5" – "E1" =, "M1_m" =
"SM_8" – "P3" =
entwickeln
zeichnen</td><td>
2</td><td>4
2</td><td>4
</td></tr>
<tr><td>3.3</td><td>entwickeln, zeichnen
S3
9 – C:=0
1s/X9
10 – M1_1
1s/X10
11 – M1_s
1s/X11
12 – C:=C+1
[C=5] → 13; [C<5] → 10
entwickeln
zeichnen</td><td>
4</td><td>6
</td><td>4
</td></tr>
<tr><td></td><td style="text-align:right">Summe 30</td><td>10</td><td>12</td><td>8</td></tr>
</table>

III Bewertung und Beurteilung

Die Bewertung und Beurteilung erfolgt unter Beachtung der nachfolgenden Vorgaben nach § 33 der Oberstufen- und Abiturverordnung (OAVO) in der jeweils geltenden Fassung. Bei der Bewertung und Beurteilung der sprachlichen Richtigkeit in der deutschen Sprache sind die Bestimmungen des § 9 Abs. 12 Satz 3 OAVO in Verbindung mit Anlage 9b anzuwenden.

Bei der Bewertung und Beurteilung der Übersetzungsleistung in den Fächern Latein und Altgriechisch sind die Bestimmungen des § 9 Abs. 14 OAVO in Verbindung mit Anlage 9c anzuwenden.

Der Fehlerindex ist nach Anlage 9b zu § 9 Abs. 12 OAVO zu berechnen. Für die Ermittlung der Punkte nach Anlage 9a zu § 9 Abs. 12 OAVO sowie Anlage 9c zu § 9 Abs. 14 OAVO wird jeweils der ganzzahlige nicht gerundete Prozentsatz bzw. Fehlerindex zugrunde gelegt.

Für die Bewertung in den modernen Fremdsprachen ist der „Erlass zur Bewertung und Beurteilung von schriftlichen Arbeiten in allen Grund- und Leistungskursen der neu beginnenden und fortgeführten modernen Fremdsprachen in der gymnasialen Oberstufe, dem beruflichen Gymnasium, dem Abendgymnasium und dem Hessenkolleg“ vom 7. August 2020 (ABl. S. 519) zugrunde zu legen. Demnach erfolgt die Bewertung und Beurteilung mit der Maßgabe, dass lediglich bei der Ermittlung des Prüfungsergebnisses (Note) aus Prüfungsteil 1 und 2 gerundet wird.

Darüber hinaus sind die Vorgaben der Erlasse „Hinweise zur Vorbereitung auf die schriftlichen Abiturprüfungen (Abiturerlass)“, „Hinweise zur Vorbereitung auf die schriftlichen Abiturprüfungen im beruflichen Gymnasium (fachrichtungs-/ schwerpunktbezogene Fächer) (Abiturerlass BG)“ und „Durchführungsbestimmungen zum Landesabitur“ in der für den Abiturjahrgang geltenden Fassung zu beachten.

Als Kriterien für die Bewertung und Beurteilung dienen unter Beachtung der Zielsetzung der gymnasialen Oberstufe nach § 1 Abs. 2 OAVO neben dem Inhaltlichen auch die in den Kerncurricula genannten überfachlichen Kompetenzen, insbesondere die Sprachkompetenz und Wissenschaftspropädeutik; dies zeigt sich u.a. in qualitativen Merkmalen wie Strukturierung, Differenziertheit, (fach-)sprachlicher Gestaltung und Schlüssigkeit der Argumentation.

Im Fach Mechatronik besteht die Prüfungsleistung aus der Bearbeitung eines Vorschlags, wofür insgesamt maximal 100 BE vergeben werden können. Ein Prüfungsergebnis von **5 Punkten (ausreichend)** setzt voraus, dass mindestens 45% der zu vergebenden BE erreicht werden. Ein Prüfungsergebnis von **11 Punkten (gut)** setzt voraus, dass mindestens 75% der zu vergebenden BE erreicht werden.

Gewichtung der Aufgaben und Zuordnung der Bewertungseinheiten zu den Anforderungsbereichen

Aufgabe	Bewertungseinheiten in den Anforderungsbereichen			Summe
	AFB I	AFB II	AFB III	
1	11	20	9	**40**
2	9	11	10	**30**
3	10	12	8	**30**
Summe	**30**	**43**	**27**	**100**

Die auf die Anforderungsbereiche verteilten Bewertungseinheiten innerhalb der Aufgaben sind als Richtwerte zu verstehen.